



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы управления макетом водозаборной станции
УДК 004.896:378.162.3:622.276.53

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Репьев Владислав Максимович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР	Тутов Иван Андреевич			

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП 15.03.04

### «Автоматизация технологических процессов и производств»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P2	Применять передовой отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств при решении производственных задач.
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств.
P4	Разрабатывать системы автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, проектировать устройства автоматизации и обосновывать экономическую целесообразность решений
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных систем автоматизации.
P6	Внедрять и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты при решении задач автоматизации технологических процессов и производств, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Применять высоко технологичное программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу

	коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, поддерживать должный уровень физической подготовленности
Специализация «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли»	
P12	Решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Уровень образования – бакалавриат  
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

**бакалаврская работа**

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич			

Согласовано:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Е.И. Громаков

(Подпись)      (Дата)

### **ЗАДАНИЕ** **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b>
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т6А	Репьеву Владиславу Максимовичу

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы управления макетом водозаборной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.05.2020 №134-30/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2020
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования – стенд физического подобия «водозаборная станция». Режим работы – циклический. Вид сырья – техническая вода. Учебный стенд физического подобия водозаборной станции должен обеспечить ручной и автоматический режим регулировки уровня жидкости в емкости.
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Исследование объекта; разработка математической модели управления стендом; разработка алгоритмического обеспечения.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	<i>Трубченко Татьяна Григорьевна, доцент ОСГН ШБИП, НИ ТПУ</i>
<i>Социальная ответственность</i>	<i>Белоенко Елена Владимировна, доцент ООД ШБИП, НИ ТПУ</i>

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Репьев Владислав Максимович		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Репьеву Владиславу Максимовичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 33 664 руб. Оклад консультанта – 12 664 руб. Материальные затраты – 10 300,4 руб.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Накладные расходы 10%; Районный коэффициент 30,2% Норма амортизации 33,3 %
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
<i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат.
<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 1,75 Интегральный показатель эффективности – 9,63 Сравнительная эффективность проекта – 2,06
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
<i>Сегментирование рынка</i> <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>Матрица SWOT</i> <i>График проведения и бюджет НТИ</i> <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>22.02.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубоченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Репьев Владислав Максимович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Репьеву Владиславу Максимовичу

Школа	ИИШТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка автоматизированной системы управления макетом водозаборной станции.	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – макет водозаборной станции. Область применения – лабораторные и учебные помещения организаций, осуществляющих исследования в области управления водозаборной стацией.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ;</li> <li>2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ</li> <li>3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</li> </ol>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– Превышение уровня шума;</li> <li>– Риск поражения электрическим током</li> <li>– Превышение уровня электромагнитных излучений.</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия на литосферу: образование отходов при утилизации полипропилена.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Существует вероятность возникновения пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Репьев Владислав Максимович		



## Реферат

Выпускная квалификационная работа 68 с., 13 рисунка, 26 таблиц, 18 источников.

Ключевые слова: стенд физического подобия, центробежные насосы, расходомеры, датчики уровня, промышленный контроллер.

Объектом исследования являются автоматизированные водозаборные станции.

Цель работы - создать стенд физического подобия водозаборной станции для студентов высших учебных заведений по направлению автоматизации технологических процессов и производств.

В процессе работы разрабатывалась 3Д модель стенда, подбирались необходимые комплектующие, происходила сборка стенда и разрабатывалась ПО для функционирования стенда.

В результате исследования был собран стенд физического подобия и написана программа по регулированию уровня.

Применяться данный стенд будет в Томском политехническом университете для образовательной деятельности.

Экономическая эффективность данной установки заключается в ее дешевизне по отношению к имеющимся вариациям управления.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word.

## Определения, обозначения, сокращения

## Содержание

Введение .....	13
1 Стенд физического подобия.....	14
1.1 Технические требования к стенду .....	14
1.2 Структурная схема стенда .....	17
1.3 Конструкция стенда .....	19
1.4 Выбор оборудования.....	21
1.4.1 Выбор насоса .....	21
1.4.2 Выбор электромагнитного клапана.....	22
1.4.3 Выбор сигнализатора уровня .....	24
1.4.4 Выбор датчика потока .....	25
1.5 Математическое обеспечение стенда .....	27
1.5.1 Математическая модель объекта управления .....	27
1.5.2 Алгоритмическое обеспечение .....	27
1.5.2.1 Ручной режим.....	29
1.5.2.2 Автоматический режим.....	30
1.5.2.3 Аварийный режим.....	31
1.5.2.4 Управление насосом .....	33
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	35
2.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	35
2.2 Анализ конкурентных технических решений .....	36
2.3 SWOT-анализ .....	38
2.4 Планирование научно-исследовательских работ .....	40
2.4.1 Структура работ в рамках проектной работы .....	40
2.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	42
2.5 Бюджет научно технического исследования .....	47
2.5.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	47
2.5.2 Расчет амортизационных отчислений.....	49
2.5.3 Основная заработная плата исполнителей .....	50

2.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	51
2.6 Определение ресурсоэффективности .....	52
2.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	54
3 Социальная ответственность .....	56
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	56
3.2 Профессиональная социальная безопасность .....	57
3.2.1 Отклонение показателей микроклимата .....	58
3.2.2 Превышение уровня шума .....	60
3.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	61
3.2.4 Электробезопасность .....	61
3.2.5 Отсутствие или недостаток естественного света .....	62
3.3 Экологическая безопасность .....	63
3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	64
3.5 Выводы по разделу социальная ответственность .....	64
Заключение .....	65
Conclusion .....	66
Список литература .....	67

## **Введение**

Существует проблема в обучении специалистов технологических производств. Ни одна существующая высокотехнологичная отрасль не может обойтись без квалифицированных специалистов. Как правило обучение специалистов происходит на устаревшем оборудовании или математических моделях, которые не отражают всех свойств реального объекта.

Некачественная подготовка специалистов по управлению техническими системами влечет за собой экономические потери. А обучение специалистов на реальных объектах экономически не целесообразно. Поэтому было принято решение разработать стенд физического подобия одной из важных систем нефтедобывающей отрасли. Этой системой является система водозабора на нефтяных месторождениях. Она проста в реализации при этом входит в ряд более сложных технологических процессов нефтепереработки, что также повышает ее значимость.

Использование воды в нефтяной и газовой промышленности имеет широчайший спектр как по применению, так и по требованиям к качеству очищенной воды. В этих отраслях следует обращать внимание на очистку воды как при непосредственной добыче нефти и газа, так и при их переработке.

Целью бакалаврской работы заключается в создании стенда физического подобия водозаборной станции для студентов высших учебных заведений по направлению автоматизации технологических процессов и производств.

## 1 Стенд физического подобия

### 1.1 Технические требования к стенду

В задании на бакалаврскую выпускную квалификационную работу необходимо было разработать стенд физического подобия. Этот стенд показывает процесс поддержания воды в емкости посредством попеременной работы двух насосов. Применение двух насосов в этой системе необходимо для распределения наработки на отказ между ними.

Управление в данной системе построено с применением промышленного логического контроллера Modicon M580 (рисунок 1) производства компании Schneider Electric.



Рисунок 1 – ПЛК Modicon M580

Основным преимуществами данного контроллера является наличие внутренней шины данных, которая поддерживает технологию Ethernet и не требует дополнительных модулей преобразования. Данные передаются напрямую, что увеличивает быстродействие.

Объектом исследования бакалаврской выпускной квалификационной работы является система водоподготовки на нефтяных месторождениях. Из данной системы были выявлены функции, которые должны быть реализованы в стенде:

- Перекачка жидкости;
- Регулирование уровня жидкости в емкости.

Структурная схема стенда представлена на рисунке 2.

В соответствии с выделенными функциями были составлены технические требования для разработки стенда.

1. Стенд должен функционировать в четырех режимах:

1.1 Ручной режим. Наступает во время запуска установки. Во время работы в этом режиме горит зеленый индикатор

1.1.1 Управление главным насосом осуществляется кнопками «ПУСК»/«СТОП».

1.1.2 Выбор главного насоса осуществляется программно для трех режимов работы: ручного, автоматического и поддержания. При запуске системы насос М1 объявляется главным и работает пока не истечет время, прописанное в программе. По истечению времени работы насос М1 останавливается, а насос М2 запускается, соответственно насос М2 становится главным и запускается таймер работы для насоса М2. По окончании таймера на насосе М2, насос останавливается и цикл работы начинается заново с запуска насоса М1.

1.2 Режим автоматического регулирования уровня жидкости в емкости. Переход в этот режим осуществляется при повороте тумблера в положение «А». Во время работы в этом режиме горит синий индикатор. Выход из автоматического режима и переход в ручной режим осуществляется поворотом тумблера в положение «Р»

1.2.1 Уровень в емкости поддерживается включением и выключением главного насоса при срабатывании нижнего LL и верхнего LH датчика уровня соответственно.

### 1.3 Режим поддержания уровня жидкости

1.4 Режим «АВАРИЯ». Переход в режим «АВАРИЯ» осуществляется при срабатывании аварийного датчика уровня DD, при одновременном срабатывании верхнего и нижнего уровня, при длительном отсутствии сигналов с датчиков уровня LH и LL в автоматическом режиме, при нулевом расходе во время работающего главного насоса. Выход из данного режима осуществляется с помощью одновременного нажатия кнопок «ПУСК» и «СТОП» Во время работы в этом режиме горит красный индикатор.

1.4.1 При аварийном режиме работа системы должна прекращаться. Должно произойти закрытие работающего клапана и остановка главного насоса.

## 2. Принцип работы:

2.1 Подача жидкости в систему осуществляется чередующимся насосами M1 и M2 через клапаны Q1 и Q2 соответственно

2.2 Сбор данных о расходе жидкости производится с помощью расходомеров FT1 и FT2 выступающих в качестве первичного преобразователя

2.3 Набор жидкости в емкость E2 может производиться двумя способами:

2.3.1 Напорный способ набора жидкости происходит при открытии ручного вентиля R3

2.3.2 Расходный способ набора жидкости происходит при открытии ручного вентиля R4

2.4 Слив жидкости из емкости E2 осуществляется открытием ручных вентилях R5 и R6



## 1.2 Структурная схема стенда

Основные составляющие системы, которые обеспечивают функционирование стенда представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Составляющие системы

№ п/п	Название устройства	Кол-во, шт
1	Электромагнитный клапан	3
2	Насосы	2
3	Аналоговый уровнемер	1
4	Датчики уровня (сигнализатора уровня)	2
5	Датчик расхода	2
6	Контроллер	1
7	Емкость	1
8	Бак	1

Структурная схема стенда представлена на рисунке 2.

Работа стенда начинается с заполнения водой емкости Е1, после чего необходимо открыть электромагнитные клапаны Q1 и Q2 для затопления центробежных насосов. Открыть ручные вентили R1, R2.

Для выбора способа наполнение необходимо открыть ручной вентиль R3 (напор) или R4 (расход). Слив жидкости осуществляется с помощью ручных вентилей R5 и R6 или электромагнитного клапана Q3. Ручной вентиль R7 служит для опустошения системы.

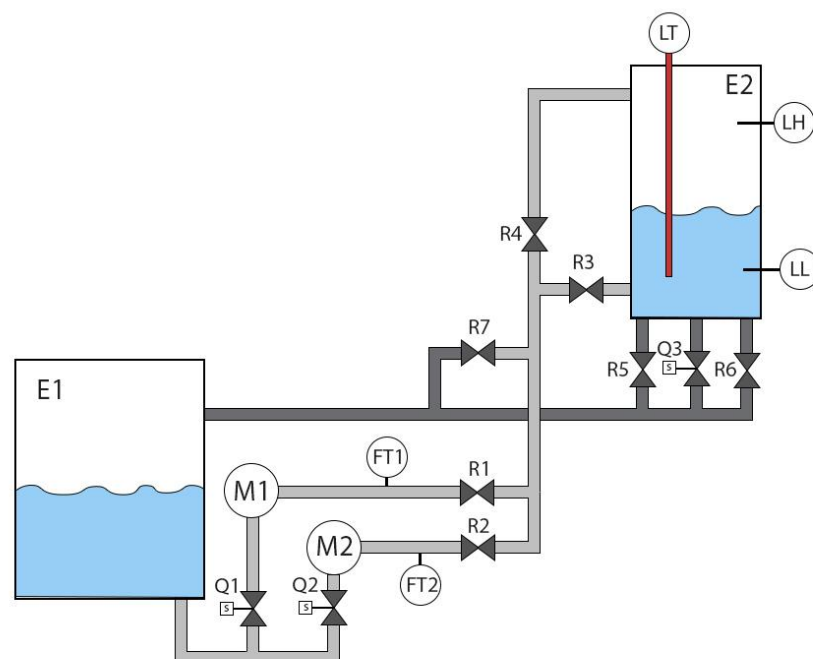


Рисунок 2 – Структурная схема стенда водозаборной станции. M1, M2 – насосы; Q1-Q3 – электромагнитные клапана; R1- R7 – ручные вентили; FT1, FT2 – расходомеры; LL, LH – датчики нижнего и верхнего уровня; LT – аналоговый уровнемер

В конструкции стенда реализованы две магистрали. Насос M1 перекачивает жидкости по первой магистрали, насос M2 – по второй магистрали. Обе магистрали идентичные друг другу и соединяются в единый коллектор.

### 1.3 Конструкция стенда

Для построения стенда было решено использовать полипропиленовые трубы диаметром 20 мм и условным проходом ДУ 16. Выбор был произведен с учетом производительности насоса. Для резьбовых соединений с клапанами и датчиками были использованы комбинированные муфты.

Присоединение системы к емкостям осуществляется с помощью быстросъемного соединения «американка» и врезки в емкость.

В системе используется две емкости для забора (емкость E1) и для наблюдения за процессом регулирования уровня жидкости (емкость E2) соответственно. Обе емкости изготовлены из листового оргстекла толщиной 3 мм. Так как емкости предназначены для разных задач, в соответствии с этим должны быть выбраны их размеры. Емкость для забора должна обладать большим объемом. Это обусловлено тем, что помимо заполнения водой емкости для наблюдений необходимо заполнить еще и всю систему. Вторая же емкость наоборот должна иметь достаточную высоту для наглядности процесса регулирования уровня жидкости и меньший объем.

Габаритные размеры емкостей составляют 250x160x400 и 120x80x500 соответственно.

Определим объем емкости E1:

$$V_1 = a_1 \cdot b_1 \cdot h_1 = 0,25 \cdot 0,16 \cdot 0,4 = 0,016 \text{ м}^3 \quad (1)$$

где  $V_1$  – объем емкости E1, м<sup>3</sup>;

$a_1$  – длина основания емкости E1, м;

$b_1$  – ширина основания емкости E1, м;

$h_1$  – высота емкости E1, м.

Определим объем емкости E2:

$$V_2 = a_2 \cdot b_2 \cdot h_2 = 0,12 \cdot 0,08 \cdot 0,5 = 0,0048 \text{ м}^3 \quad (2)$$

где  $V_2$  – объем емкости E2, м<sup>3</sup>;

$a_2$  – длина основания емкости E2, м;

$b_2$  – ширина основания емкости E2, м;

$h_2$  – высота емкости E2, м.

Датчики уровня вмонтированы в отверстия, проделанные в одной из стенок емкости E2 на расстоянии 25 см друг от друга.

Рассчитаем объем регулируемой жидкости в емкости E2:

$$V_p = a_2 \cdot b_2 \cdot h_p = 0,12 \cdot 0,08 \cdot 0,25 = 0,0024 \text{ м}^3 \quad (3)$$

где  $V_p$  – объем емкости E2, м<sup>3</sup>;

$h_p$  – высота емкости E2, м.

Соответственно объем жидкости, который можно регулировать в автоматическом режиме, составляет 2,4 л.

## 1.4 Выбор оборудования

### 1.4.1 Выбор насоса

На основе полученных выше данных и требуемого времени заполнения емкости жидкостью (от нижнего до верхнего датчика уровня), равного 30 секундам, подберем центробежный насос.

Расход данного насоса должна составлять:

$$F = \frac{V_p}{t} = \frac{2,4}{30} = 0,08 \text{ л/с} = 80 \text{ мл/с}, \quad (4)$$

где  $t$  – время заполнения регулируемого объема жидкостью.

В качестве насосов рассматривались фирмы: СтартВольт, WEBER и ТА. Внешний вид насосов представлен на рисунке 3

Технические характеристики насосов представлены в таблице 2.



Рисунок 3 – Центробежные насосы фирмы: СтартВольт, WEBER и ТА

Таблица 2 – Технические характеристики насосов

	СтартВольт	WEBER	ТА
Максимальная подача давления, МПа	0,235	0,225	0,160
Максимальная подача, мл/с	83,3	73,6	70,8
Максимальный ток электродвигателя, А	4,2	3,9	3,0
Цена, руб.	180	167	220

По техническим характеристикам представленных в таблице 2 наиболее подходящим оказался насос от компании СтартВольт.

### 1.4.2 Выбор электромагнитного клапана

Электромагнитные (соленоидные) клапаны устанавливаются на трубопроводы для дистанционного управления открытием или закрытием потока рабочей среды. Для работы стенда больше подходят нормально закрытые клапаны (без подачи напряжения закрыт, при подаче напряжения открывается) [1]. Строение электромагнитных клапанов представлено на рисунке 4.



Рисунок 4 – Строение электромагнитного клапана

Принцип работы заключается в подаче электрического напряжения на электромагнитную катушку клапана, после чего магнитный сердечник втягивается в соленоид, что приводит к открытию либо закрытию клапана. Сердечник помещён внутри закрытой трубки катушки соленоида — это необходимо для герметичности электромагнитного клапана.

При выборе электромагнитного клапана особое внимание уделялось размерам, сложности установки и стоимости. Модели электромагнитных клапанов представлены на рисунке 5. Их технические характеристики представлены в таблице 3.



Рисунок 5 – Электромагнитные клапаны ZE-4F180, KV320, NT8078M

Таблица 3 – Технические характеристики

	ZE-4F180	KV320	NT8078M
Резьбовое соединение	G $\frac{1}{2}$ "		
Входное напряжение	12		
Пропускная способность, л/мин	20	83	25
Рабочая температура среды °C	От 0 до 100	от 0 до 65	до 130
Рабочее давление, МПа	от 0,02 до 0,8	от 0,05 до 0,87	до 0,8
Цена, руб.	550	3 316	1 500

При сравнении электромагнитных клапанов ZE-4F180 удовлетворил всем критериям.

### 1.4.3 Выбор сигнализатора уровня

При выборе сигнализатора уровня обращалось особое внимание на габариты, вид соединения и стоимость.

В качестве сигнализаторов уровня выбраны: KLS26-MR-L4, ПДУ-B241-50, ПДУ-Н231-97. Сигнализаторы уровня представлены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Датчики уровня KLS26-MR-L4, ПДУ-B241-50, ПДУ-Н231-97

Технические характеристики сигнализаторов уровня представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики датчиков уровня

	KLS26-MR-L4	ПДУВ241-50	ПДУ-Н231-97
Длина погружной части, мм	55,5	49	97
Диаметр поплавка, мм	17		
Максимальная коммутируемая мощность, Вт	50		
Максимальный коммутируемый ток, А	0,5		
Рабочая температура, °С	от минус 10 до плюс 85	от минус 30 до плюс 110	
Присоединение	M16	G $\frac{1}{2}$ "	M10×1
Рабочее положение	горизонтальное		
Цена, руб.	380	2763	1487



Исходя из данных приведенные в таблице выше выбираем сигнализатор KLS26-MR-L4, так как он имеет наименьшую стоимость и подходящие габариты, а его технические характеристики не уступают другим моделям.

#### 1.4.4 Выбор датчика потока

При выборе датчика расхода были рассмотрены следующие варианты представленные на рисунке 7.



Рисунок 7 – Датчики расхода YE-S201, YF-S401, ПУЛЬСАР

Таблица 5 – Технические характеристики датчиков расхода

	YE-S201	ПУЛЬСАР	YF-S401
Напряжение питания, В	от 5 до 18	от 4 до 24	От 5 до 18
Максимальный ток, мА	15	50	15
Диапазон работы датчика, л/мин	от 1 до 30	от 0,5 до 50	от 0,3 до 6
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 25 до плюс 80	от минус 40 до плюс 90	
Соединение	G $\frac{1}{2}$ "		диаметр 7 мм
Цена, руб.	195	3 396	249

Для измерения расхода жидкости выбран расходомер YE-S201, так как диапазон его работы и цена удовлетворяет требованиям проекта.

## 1.5 Математическое обеспечение стенда

### 1.5.1 Математическая модель объекта управления

Одним из этапов проектирования является разработка алгоритмов автоматического регулирования технологического параметра. В данной системе таким параметром является уровень жидкости в емкости. Алгоритм должен осуществлять поддержание жидкости на уровне заданных значений. Регулирование уровня осуществляется с помощью насоса.

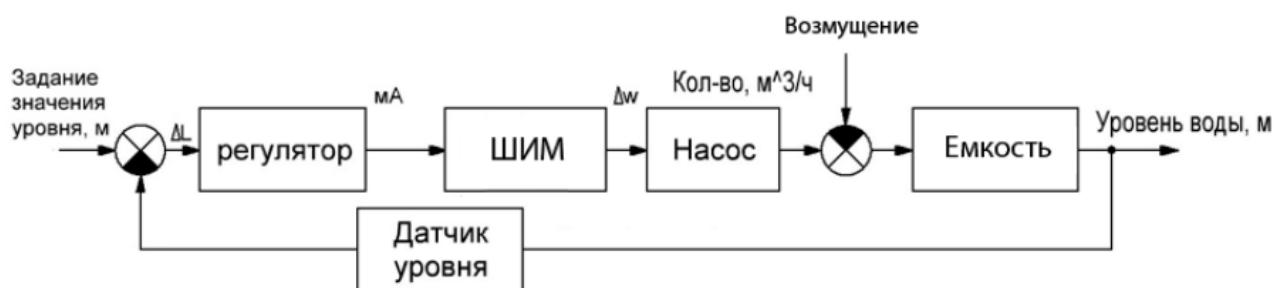


Рисунок 8 – Структурная схема САР

Система имеет один контур управления. На сумматор поступает задаваемое значение уровня воды, где из него вычитается текущий уровень в емкости, затем разность поступает на контроллер, где сравнивается с установочным значением. Если действующее значение уровня воды больше уставки, то насос отключается и не запусится, пока уровень не опустится ниже заданного значения.

### 1.5.2 Алгоритмическое обеспечение

Перед написанием программы необходимо разработать алгоритм управления системой. Система должна выполнять следующие функции:

- Заполнение емкости до нижнего уровня
- Заполнение емкости до верхнего уровня

- Поддержание уровня на заданном значении
- Ручное управление
- Автоматическое управление
- Реагирование на аварийные ситуации

Ручной режим управления заключается в пуске и останове насоса оператором при помощи кнопок ПУСК и СТОП. При этом распределение наработки на отказ между насосами происходит в соответствии с заданной программой.

Вход в автоматический режим производится переключателем РУЧН/АВТ. Работа автоматического режима заключается в автономной работе насосов.

Заполнение емкости до нижнего уровня происходит при работе одного из насосов и открытом электромагнитном клапане установленный перед насосом. При достижении нижнего уровня емкость продолжает наполняться жидкостью.

Заполнение емкости до верхнего уровня происходит аналогично. При достижении верхнего уровня происходит отключение насоса.

Поддержание уровня жидкости происходит в том случае, если жидкость уходит к потребителю. В противном случае насос отключается и будет включен только при достижении нижнего уровня.

Аварийная ситуация возникает в одном из случаев:

- Отсутствие потока при включенном насосе;
- Долгое отсутствие сигнала с нижнего датчика при отключенном насосе и имеющихся потребителях;
- Долгое отсутствие сигнала с верхнего датчика при включенном насосе.

Реакция на отсутствие потока при включенном насосе происходит при отсутствии сигнала с датчика расхода.

Выведения системы из состояния аварии происходит при последовательном нажатии кнопок СТОП и СТАРТ.

Программа разрабатывалась в интегрированной среде разработчика Unity Pro XL на языке программирования FBD. Язык FBD является графическим языком программирования стандарта МЭК 61131-3 и предназначен для программирования промышленных логических контроллеров [2].

### 1.5.2.1 Ручной режим

Для запуска стенда в ручном режиме необходимо чтобы переключатель режимов SW1 был в положении РУЧН при этом переменная SWITCH становится равной логическому нулю.

После этого необходимо нажать на кнопку ПУСК. В этот момент переменная START принимает значение логической единицы и насос запускается. Для того чтобы остановить насос необходимо нажать кнопку СТОП. Переменная STOP принимает значение логической единицы и насос останавливается. Программа описанного алгоритма представлена на рисунке 8.

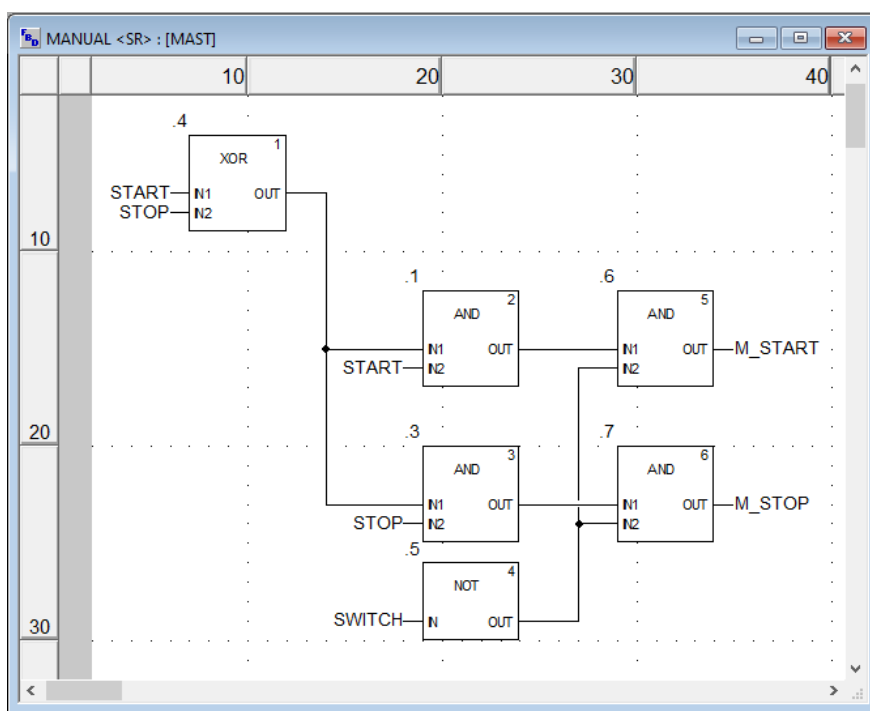


Рисунок 9 – Блок программы для запуска системы в ручном режиме

При подаче сигнала логической единицы на вход START логических элементов XOR и AND (1) на выходе AND (6) в переменной M\_START формируется логическая единица. После чего сигнал переходит в программный блок управления насосом.

При подаче сигнала логической единицы на вход STOP логических элементов XOR и AND (3) на выходе AND (7) в переменной M\_STOP формируется логическая единица. После чего сигнал переходит в программный блок управления насосом.

### 1.5.2.2 Автоматический режим

Для перехода станда в автоматический режим необходимо перевести переключатель режимов SW1 в положение АВТ.

В этом режиме станд работает автономно. Управление насосом производится в зависимости от положения датчиков уровня. Насос запускается при разомкнутом состоянии нижнего датчика LL, при этом программе переменная LL будет иметь значение логического нуля. Остановка насоса происходит при замыкании нижнего (LL) и верхнего (LH) датчиков уровня, при этом переменные LL и LH выставляются в логическую единицу.

Создадим подпрограмму для автоматического управления стандом.

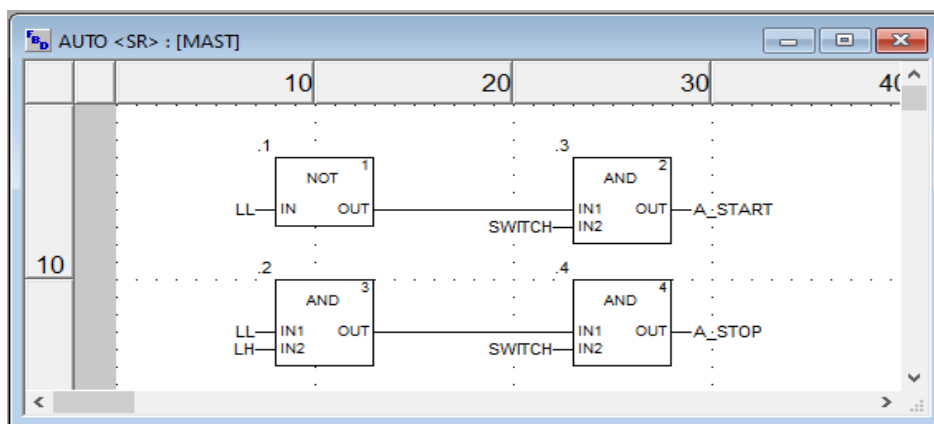


Рисунок 10 – Блок программы для автоматического регулирования уровнем жидкости

Переменная SWITCH в ручном режиме должна равняться логической единице.

При подаче сигнала логического нуля на вход элемента NOT (1) на выходе логического элемента AND (3) формируется логическая единица. После этого сигнал переходит в программный блок управления насосом.

При подаче сигналов логической единицы на вход IN1 и IN2 элемента AND (2) формируется логическая единица на выходе логического элемента AND (4). После этого сигнал переходит в программный блок управления насосом.

### 1.5.2.3 Аварийный режим

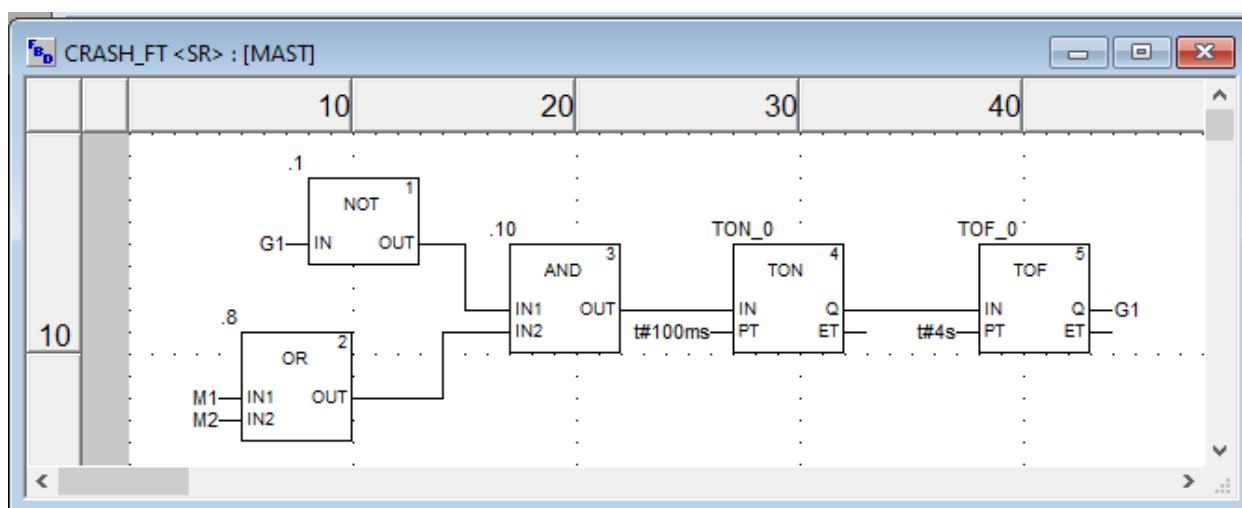


Рисунок 11 – Генератор прямоугольных сигналов

Генератор прямоугольных сигналов выступает в качестве согласующего устройства. Длительность положительного полупериода равняется 4 с. За это время счетчик если STU\_0 не насчитает 10 импульсов с расходомера FT\_1, то на выходе счетчика сформируется логический ноль. После чего сигнал переходит в программный блок управления насосом. В дальнейшем это будет означать

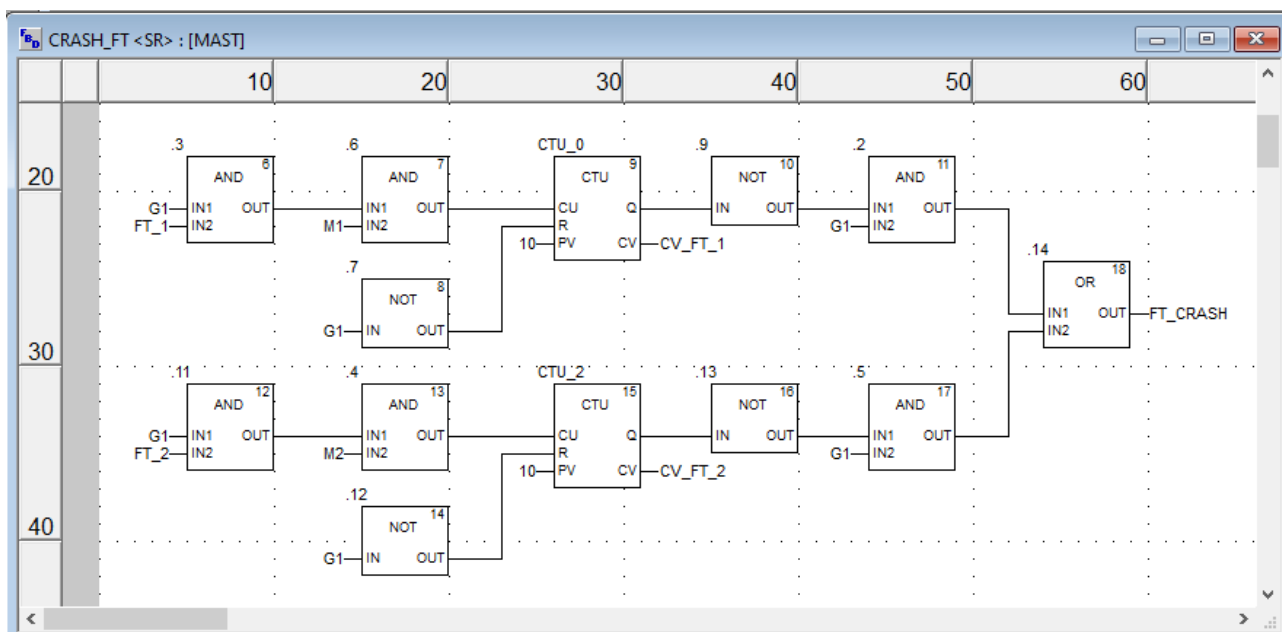


Рисунок 12 – Блок программы для обработки аварийных сигналов аварийную ситуацию, связанную с отсутствием расхода жидкости в первой магистрали. Аварийный режим для второй магистрали определяется аналогичным образом.

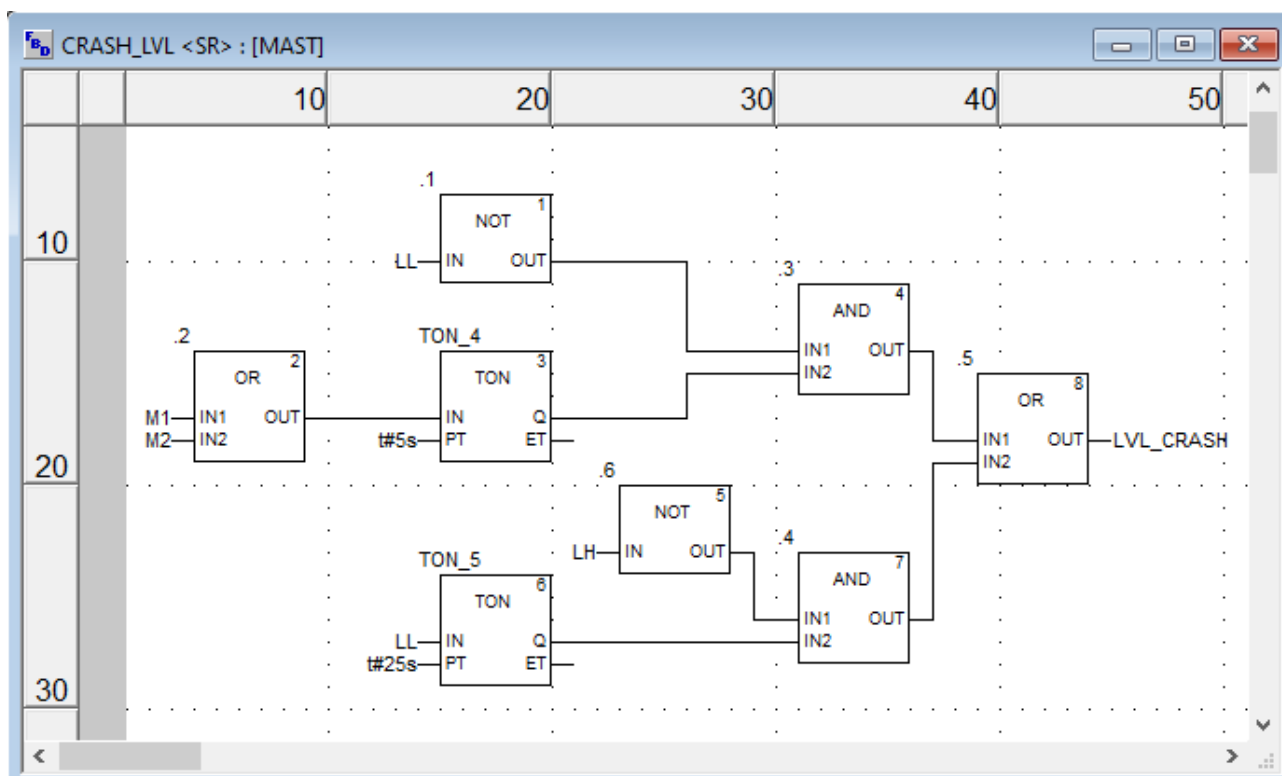


Рисунок 13 – Блок программы для обработки аварийных сигналов



Если во время работы станда жидкость опустится ниже датчика нижнего уровня LL и не поднимется в течении 5 с, то на выходе логического элемента OR (5) сформируется логическая единица. После чего сигнал переходит в программный блок управления насосом.

Если во время работы станда при сработавшем нижнем датчике LL и по истечению 25 с после его срабатывания, верхний датчик LH не сработает, то на выходе логического элемента OR (5) сформируется логическая единица. После чего сигнал переходит в программный блок управления насосом.

Логическая единица на выходе элемента OR (5) будет означать аварийную ситуацию.

#### 1.5.2.4 Управление насосом

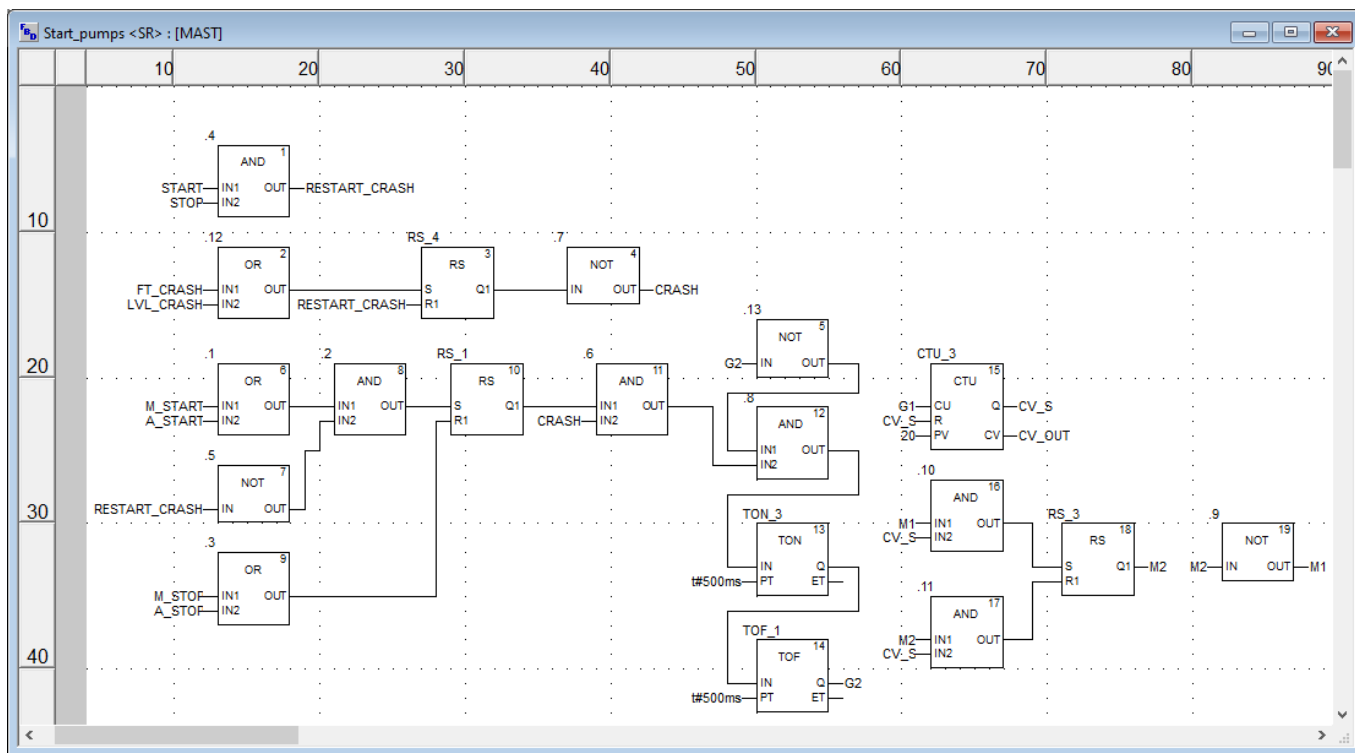


Рисунок 14 – Блок программы по управлению насосом

Сигналы, формирующиеся в вышеописанных подпрограммах, обрабатываются в блоке по управлению насосом. В зависимости от режима

работы стенда, запуск насоса производится наличием логической единицы на входе элемента OR (1) и отсутствием аварийного сигнала.

ОСТАНОВ также зависит от режима работы стенда и осуществляется при наличии логической единицы на входе элемента OR (5).

Переключение на резервный насос осуществляется по истечению 20 секунд работы главного насоса. В программе выбор главного насоса реализован с помощью генератора прямоугольных импульсов, счетчика CTU\_3 и RS-триггера RS\_3.

## **2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является анализ конкурентоспособности разработки, ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Работа заключается в создании макета водозаборной станции для образовательных учреждений и производственных предприятий, чтобы повысить эффективность обучения специалистов.

Некачественная подготовка специалистов влечет за собой экономические потери, вызванные неэффективным использованием ресурсов вследствие неоптимальной настройки оборудования. Этого можно избежать применяя соответствующую подготовку и навыки в области управления техническими системами. Данную подготовку можно обеспечить с помощью стенда водозаборной станции.

### **2.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования являются образовательные учреждения обучающие по направлению автоматизации.

Научное исследование рассчитано на проектные организации, которые специализируются на обустройстве нефтяных месторождений, предприятия, осуществляющие разработку автоматизированных систем управления по перекачки жидкости, учебные заведения, осуществляющие исследования в автоматизации НГО и других направлений связанных с перекачиванием жидкости.

В данной работе осуществлена разработка и сборка макета физического подобия водозаборной станции, которая позволит исследовать процессы управления и применять готовые решения на производстве. А также стенд может

быть использован в учебных целях, для повышения качества обучения специалистов.

Таблица 6 – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Образовательные учреждения	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

В приведенной карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят средние и мелкие предприятия, осуществляющие разработку автоматизированных систем, а также малых и средних образовательных учреждений. Для внедрения в более крупные организации необходимо расширить функционал возможностей и повысить точность оборудования.

## 2.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Для сравнения были взяты компании, которые специализируются на разработке лабораторных стендов в различных направлениях, в том числе и в автоматизации. Для дальнейшего сравнения были взяты 2 стенда от компании «Учтех-Профи», которые наиболее близки по задачам и имеют полную информацию о характеристике и стоимости установки.

Предприятие «Учебная техника - Профи» – это признанный лидер на рынке СНГ по разработке, серийному и мелкосерийному производству инновационной учебной продукции для вузов, техникумов, колледжей и учебных центров предприятий.

Сравнение конкурирующих решений представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнение конкурирующих технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Ресурсоэффективность		
		р	1	2	р	1	2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство эксплуатации	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Долговечность	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Надежность	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Точность измерений	0,1	1	5	5	0,1	0,5	0,5
Ремонтопригодность	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,2	5	2	1	1	0,4	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
Послепродажное обслуживание	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Доступность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого	1	34	44	44	3,7	4,05	3,95

По результатам расчётов таблицы 7 можно заключить, что разрабатываемая система конкурентоспособна на рынке. Разработка проигрывает аналогичным системам в точности измерений из-за менее точного оборудования. При этом к сильной стороне можно отнести цену. Так как оборудование, которое используется в стенде проще по функционалу, удешевляет установку в целом.

## 2.3 SWOT-анализ

В данной работе SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы. Сначала, составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы. Матрица SWOT приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Удобство и наглядность интеллектуального интерфейса.</p> <p>С2. Малые габариты и малые объемы жидкости</p> <p>С3. Стоимость стенда ниже аналогичных решений на рынке</p> <p>С4 Простота в освоении</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Малое количество режимов работы</p> <p>Сл2. Точности стенда недостаточна для проведения исследований управления</p> <p>Сл3 Неизвестность на рынке производителей САУ</p> <p>Сл4 Меньшая надежность</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Сотрудничество с известными компаниями по производству САУ, а также с известными поставщиками</p> <p>В2. Повышение стоимости разработок конкурентов</p> <p>В3. Возникновение спроса на новый продукт.</p>	<p>В1С1С2С3С4 – повышение качества продукта;</p> <p>В2С3 – увеличение числа клиентов;</p> <p>В3С1С3С4 – увеличение числа клиентов.</p>	<p>В1Сл3 – увеличение известности на рынке;</p> <p>В2Сл1Сл2Сл3 и В3Сл3 – увеличение спроса на продукцию.</p>

Продолжение таблицы 8

Угрозы: У1. Высокая конкуренция У2. Отсутствие спроса на разработку. У3. Возможный рост стоимости комплектующих	У1С1С3С4 – привлечение клиентов за счет индивидуального подхода.	У1Сл3 – нехватка клиентов; У2Сл3 – неизвестность на рынке, вызванная отсутствием спроса на разработку. У3Сл3Сл4 – уменьшение числа клиентов.
--	--	--

Затем на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц (таблица 9) используются следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы; «+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие [3].

Таблица 9 – Интерактивная матрица возможностей

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	+
	В2	-	-	+	-
	В3	+	-	+	+
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	-	+	-
	В2	+	+	+	-
	В3	-	-	+	-
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	-	+	+
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-

## Продолжение таблицы 9

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	+	-
	У2	-	-	+	-
	У3	-	-	+	+

Анализ интерактивных матриц показывает, что сильных сторон проекта больше, чем слабых, а также угрозы имеют низкую вероятность, что говорит о высокой надежности проекта. Главной угрозой проекта заключается в отсутствии спроса. Поэтому необходимо расширять области применения стенда водозаборной станции, а также повышать точность и надежность оборудования при этом оставляя конкурентную цену.

## 2.4 Планирование научно-исследовательских работ

### 2.4.1 Структура работ в рамках проектной работы

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), инженер (И). Следует разделить выполнение проектной работы на этапы, представленные в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов работ, распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнитель
Разработка задания	1	Постановка задачи	Р, И
Выбор направления исследования	2	Календарное планирование работ	И
	3	Разработка и утверждение ТЗ	Р, К, И



Продолжение таблицы 10

	4	Подбор и изучение научно-технической литературы	И
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Описание технического процесса	И
	6	Выбор оборудования	И
	7	Разработка функциональной схемы автоматизации	И
	8	Разработка структурной схемы	И
	9	Разработка схемы информационных потоков	И
	10	Разработка схемы соединения внешней проводки	И
	11	Разработка экранных форм	И
	12	Разработка алгоритмов управления стендом водозаборной станции	И
	13	Разработка программы по управлению стендом водозаборной станции	И
	14	Сборка стенда водозаборной станции	И
	15	Проверка работы стенда	Р, К, И
	16	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И
	17	Написание раздела «социальной ответственности»	И
	18	Проверка работы с руководителем	Р, К, И
Оформление отчета по НИР	19	Составление пояснительной записки	И
	20	Подготовка презентации дипломного проекта	И

В данной таблице представлен перечень работ и исполнители к ним. В соответствии с таблице далее определим трудоемкость выполнения каждой из работ и по полученным данным составим диаграмму Ганта.

## 2.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения  $i$  – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (5)$$

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн;

$t_{max}$  – максимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (6)$$

где  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для построения диаграмму Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни.

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (7)$$

где  $T_{ки}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 5:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

В 2020 году количество выходных и праздничных дней в сумме составит 118 дней.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,4758 \approx 1,48.$$

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 11.



По данным из таблице 11 создается диаграмма Ганта, которая строится при максимальном количестве дней при каждом процессе. Данная диаграмма представлена в таблице 12, где  отображает совместную работу студента, руководителя и консультанта, а  индивидуальную работу студента.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб	Содержание работ	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях			Длительность работ в календарных днях
		min	max	ож	Студент	Консультант	Руководитель	
1	Постановка задачи	3	5	3,8	2,66	0,38	0,76	5,624
2	Календарное планирование работ	5	10	7	7	-	-	10,36
3	Разработка и утверждение ТЗ	3	8	5	3,5	0,5	1	7,4
4	Подбор и изучение научно-технической литературы	15	20	17	17	-	-	25,16
5	Описание технического процесса	2	4	2,8	2,8	-	-	4,144
6	Выбор оборудования	2	4	2,8	2,8	-	-	4,144
7	Разработка функциональной схемы автоматизации	6	12	8,4	8,4	-	-	12,432
8	Разработка структурной схемы	3	6	4,2	4,2	-	-	6,216
9	Разработка схемы информационных потоков	2	4	2,8	2,8	-	-	4,144
10	Разработка схемы соединения внешней проводки	3	6	4,2	4,2	-	-	6,216
11	Разработка экранных форм	3	6	4,2	4,2	-	-	6,216
12	Разработка алгоритмов управления станком водозаборной станции	4	8	5,6	5,6	-	-	8,288
13	Разработка программы по управлению станком водозаборной станции	5	12	7,8	7,8	-	-	11,544
14	Сборка станка водозаборной станции	3	6	4,2	4,2	-	-	6,216
15	Проверка работы станка	5	10	7	4,9	0,7	1,4	10,36
16	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3	8	5	5	-	-	7,4

Продолжение таблицы 11

17	Написание раздела «социальной ответственности»	2	7	4	4	-	-	5,92
18	Проверка работы с руководителем	6	12	8,4	4,2	0,84	3,36	12,432
19	Составление пояснительной записки	12	16	13,6	13,6			20,128
20	Подготовка презентации дипломного проекта	2	4	2,8	2,8			4,144
	Итого	89	168	120,6	111,7	2,42	6,52	178,488

Таблица 12 – Диаграмма Ганта

№ раб	Содержание работ	Продолжительность выполнения работ																	
		янв.			фев.			март			апр.			май			июнь		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Постановка задачи																		
2	Календарное планирование работ																		
3	Разработка и утверждение ТЗ																		
4	Подбор и изучение научно-технической литературы																		
5	Описание технического процесса																		
6	Выбор оборудования																		
7	Разработка схем																		
8	Разработка экранных форм																		
9	Разработка алгоритмов управления стендом водозаборной станции																		
10	Разработка программы по управлению стендом водозаборной станции																		
11	Сборка стенда водозаборной станции																		
12	Проверка работы стенда																		
13	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»																		
14	Написание раздела «социальной ответственности»																		
15	Проверка работы с руководителем																		
16	Составление пояснительной и подготовка презентации																		

Таким образом, запланированный комплекс работ может быть разделен на 16 этапов. На выполнение поставленных задач заданным коллективом требуется порядка пяти месяцев.

## **2.5 Бюджет научно технического исследования**

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды.

### **2.5.1 Расчет материальных затрат НТИ**

Материальные затраты представляют собой суммарную стоимость приобретенных материалов, комплектующих, сырья, канцелярских принадлежностей (если они не включены в расходы на использование оборудования или накладные расходы) и т.д., необходимых при проведении НИР. Стоимость возвратных отходов исключается из затрат на материальные ресурсы. Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой 9:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m (Ц_i \cdot N_{расхi}), \quad (9)$$

где  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы от 0,05 до 0,2;

$m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении НИР;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении НИР (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.).

Значения цен определяются поставщиками или предприятиями-изготовителями. Их значения можно найти, пользуясь ресурсами сети Интернет.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Насос омывателя СТАРТ ВОЛЬТ swp 0110	180,0	2	360,0
Клапан водопроводный ZE-4F180 12В, нормально-закрытый	550,0	3	1 650,0
Муфта комбинированная нр d20 - 1/2"	69,0	5	345,0
Муфта комбинированная вр d20 - 1/2"	46,6	13	605,2
Угольник 90*d20	5,8	19	110,2
Тройник 20	7,1	3	21,3
Крестовик 20	22,7	1	22,7
Угольник комбинир нр 20*1/2"	75,05	3	225,2
Тройник комбинир нр 20*1/2"	67,45	2	134,9
Обратный клапан d20	101,9	3	305,6
Кран шаровой пластик d20	101,9	8	815,0
Труба ПП PN10 d20*1,9 L2м	43,9	2	87,8
Штуцер 1/2" - 10мм	51,3	2	102,6
Штуцер 1/2" - 12мм	61,8	2	123,5
Прокладка 1/2"	28,5	1	28,5
Крепление д/трубы полипропилен	2,61	11	28,7
Оргстекло прозрачное 3мм 0,5x0,5 м	359,0	1	359,0
Ножницы д/трубы полипропилен d16-42	1 051,0	1	1 051,0



Продолжение таблицы 13

Аппарат для растровой сварки PATRIOT PW 150	1 339,0	1	1 339,0
Датчик расхода YF-S201	195,0	2	390,0
Кабель акустический 2x0,35 мм <sup>2</sup> 5м	179,55	1	179,6
Лента Фур Сер проф 19*0,1*15м	35,1	1	35,1
Провод ПВ-3 1*0,75 бел, пог.	7,6	5	38,0
Провод ШВВП 2*0,75 отрезок 5с	111,15	1	111,2
Блок зажимов (25А, 12 клемм, max - 2,5мм) TDM	82	1	82,0
Клемный блок КВ-6, 6А, 6мм <sup>2</sup> , белый	53	1	53,0
KLS26-MR-L4, Датчик уровня поплавковый 0,5А/300VAC	380	2	760,0
Итого			9 364,0
Итого с учетом ТЗР (10%)			10 300,4

Из таблицы материальных затрат можно заметить, что 75% всех затрат идет на закупку материалов и оборудования для сборки стенда водозаборной станции. Оставшаяся часть пойдет на материалы и оборудование для снятия показаний системы.

### 2.5.2 Расчет амортизационных отчислений

По данным диаграммы Ганта на реализацию выпускной квалификационной работы потребуется 5 месяцев. Для разработки и расчетов стенда использовался персональный компьютер стоимостью 67000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [4].

Норму амортизации рассчитывается по формуле 10:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (11)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = 67000 \cdot 0,33 = 22\,100 \text{ руб.} \quad (12)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{мес}} = \frac{22100}{12} = 1\,841,67 \text{ руб.} \quad (13)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1841,67 \cdot 5 = 9\,208,33 \text{ руб.} \quad (14)$$

### 2.5.3 Основная заработная плата исполнителей

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 33 664 рублей. Оклад студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации – 12 664 рублей. В 2020 году с учётом 48-дневного отпуска 252 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1603,05 рублей в день, инженера – 603,05 рублей в день.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части. При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{рд}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}, \quad (15)$$

где  $З_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{\text{рд}}$  – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент премирования;

$K_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$K_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Результаты расчетов основной заработной платы представлены в таблице 14

Таблица 14 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{\text{дн}}$	$K_p$	$K_p$	$K_{\text{пр}}$	$T_{\text{рд}}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб.}$
Руководитель	1603,05	1,3	0,2	0,3	6,52	20 381,1
Консультант	603,05	1	0,2	0,3	3,96	3 582,1
Студент	603,05	1	0,2	0,3	111,7	101 040,6
Итого						125 003,9

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (16)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	20 381,1	2 445,7
Консультант	3 582,1	429,9
Студент	101 040,6	12 124,9
Итого		15 000,5

## 2.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 17:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (17)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб;

$k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Таблица 16 – Затраты на внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Затраты во внебюджетные фонды
Руководитель	20 381,2	2 445,7	30,2%	6 893,7
Консультант	3 582,1	429,8		1 211,6
Студент	101 040,6	12 124,9		34 175,98
Итого	125 003,9	15 000,5		42 281,3

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

Таблица 17 – Суммарные расходы

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	10 300,4	4,6
Затраты на амортизацию	9208,33	4,1
Основная заработная плата	125 003,90	56,3
Дополнительная заработная плата	15 000,50	6,8
Страховые взносы	42 281,30	19,0
Накладные расходы	20 179,45	9,1
Итого	221 973,9	100

## 2.6 Определение ресурсоэффективности

Определение эффективности исследования происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{фин}}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

где  $I_{\text{фин}}^i$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_i$  – стоимость i-ого варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения проекта.

В качестве аналогов рассматривались стенды от компании «Учтех-Профи».

1) Типовой комплект учебного оборудования «Автоматика насосных станций систем водоснабжения» СУ-АНССВ-015-17ЛР-01

2) Лабораторный комплекс «Управление насосной перекачивающей станцией» СУ-УНПС-01

Таблица 18 - Расчет интегрального финансового показателя

	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
Стоимость варианта	221 973,9	654 590	1 221 060
Интегральный финансовый показатель	0,18	0,54	1

Сравнительная оценка ресурсоэффективности приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Ресурсоэффективность		
		ф	1	2	ф	1	2
Удобство в эксплуатации	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Долговечность	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Надежность	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Точность измерений	0,1	1	5	5	0,1	0,5	0,5
Ремонтопригодность	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
Итого		22	28	28	1,75	2,5	2,5

Интегральный показатель эффективности разработки  $I^i$  вычисляется на основании рассчитанных интегральных финансовых показателей  $I_{фин}^i$  и показателя ресурсоэффективности  $I_p^i$ :

$$I = \frac{I_p^i}{I_{фин}^i} \quad (19)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и рассматриваемых аналогов рассчитывается по формуле:

$$\Xi = \frac{I^p}{I^a}, \quad (20)$$

где  $\Xi$  – сравнительная эффективность разрабатываемой системы

$I^p$  – интегральный показатель разработки;

$I^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель	0,18	0,54	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	1,75	2,5	2,5
3	Интегральный показатель эффективности	9,63	4,66	2,5
4	Сравнительная эффективность разработки к аналогам		2,06	3,85

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что разрабатываемая система автоматического регулирования температуры хотя и уступает аналогу №1 по ресурсоэффективности, однако превосходит его по интегральному показателю эффективности за счёт меньшей стоимости разработки.

## **2.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно подвести следующие итоги:

в процессе проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, проведена оценка возможностей проекта. Также выявили, что научно-исследовательский проект конкурентноспособен за счет своей стоимости;

разработан график занятости для всех исполнителей, составлена диаграмма Ганта, позволяющая провести оценку и лучшим образом спланировать рабочее время исполнителей;

составление сметы макета водонапорной станции позволило оценить бюджет затрат на реализацию научно-исследовательского проекта;

оценка ресурсоэффективности проекта показала, что проект по некоторым показателям уступает аналогам, но при этом способен с ними конкурировать за счет низкой цены.

Таким образом, исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что данный научно-исследовательский проект позволит повысить качество обучения студентов и производственного персонала.

### **3 Социальная ответственность**

Безопасность эксплуатации оборудования является главным условием эффективного производства, поэтому в данном разделе выполнен поиск отрицательно влияющих факторов на здоровье человека во время работы с макетом водозаборной станции, а также рассмотрены пути ослабления, либо исключения опасных факторов.

В данной бакалаврской работе был разработан макет физического подобия, который в дальнейшем может быть использован в качестве учебного стенда.

Стенд предназначен для исследования процессов регулирования уровня жидкости в сборной емкости.

Пользователями данной системы являются проектные институты, образовательные учреждения, осуществляющие исследование в области управления водозаборной станцией.

Стенд предназначен для эксплуатации одним человеком, который должен разработать программу по управлению насосами и регулированию уровня жидкости в сборной емкости.

В данном разделе будут рассмотрены опасные факторы, присутствующие при работе с макетом. К основным факторам можно отнести производственный шум, недостаток освещенности, а также поражение электрическим током.

#### **3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В процессе работы с макетом водозаборной станции оператор сталкивается с монтажом и наладкой контрольно-измерительных приборов, а также управлением насосами и клапанной арматурой. В таком случае технологическое оборудование должно соответствовать нормативным требованиям охраны труда, согласно статье 215 ТК РФ.

Рабочее место представляет собой пространство, в котором человек может находиться при выполнении производственного процесса.



При разработки автоматизированной системы управления макетом предусмотрено управление макетом с помощью ПЭВМ. Поэтому рабочее место пользователя с ПЭВМ следует оборудовать поставкой для ног имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы [5].

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитноцифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна удовлетворять требованиям эргономики.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейноплечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего кресла следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ [6].

### **3.2 Профессиональная социальная безопасность**

Разработка и эксплуатация макета водозаборной станции осуществляется в закрытом помещении с помощью ПЭВМ, которая будет являться главным источником вредных факторов во время рабочего процесса.

Для идентификации потенциальных факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 21 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) [7]; – СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту [8]; – СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [9]; – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы; [10]; – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [11].
2. Превышение уровня шума	-	+	+	
3. Превышение уровня электромагнитных излучений	-	+	+	
4. Риск поражения электрическим током	-	+	+	
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	

### 3.2.1 Отклонение показателей микроклимата

К параметрам микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха. Метеорологические условия в комплексе оказывают влияние на работоспособность и здоровье оператора макета водозаборной станции.

Эксплуатация макета водозаборной станции осуществляется при работе сидя и без физических нагрузок, поэтому относится к категории тяжести – легкая

(1а). Оптимальные показатели микроклимата на рабочем месте в соответствии с периодом года и категории работ, представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Категория Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Для создания благоприятных условий труда в помещения необходимо, установить системы отопления и проточно-вытяжной вентиляции согласно СНиП 41-01-2003 [12].

### 3.2.2 Превышение уровня шума

Одной из важных характеристик в рабочем помещении является уровень шума. К основным источникам шума можно отнести:

- жесткий диск;
- охлаждение центрального процессора;
- уличный шум;
- насосы.

Основная часть работы с макетом водозаборной станции осуществляется с помощью ПЭВМ. Уровень шума при работе не должен превышать 50 дБА. Допустимый уровень звукового давления в помещении для персонала приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Допустимые уровни звука на рабочем месте

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентного звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение	85	71	51	54	49	45	42	40	38	50

Основными источниками шума являются насосы и ПЭВМ. Другие источники в достаточной мере изолированы от оператора и не оказывают существенного воздействия.

Для снижения уровня шума от ПЭВМ, следует применять звукопоглощающие материалы, а также регулярно проводить их техническое обслуживание.

### 3.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитное поле оказывает негативное воздействие на наиболее чувствительные системы организма человека. При работе с ПК пользователь находится в непосредственной близости к монитору, что вызывает воздействие электромагнитных полей (ЭМП). Вредное влияние переменных магнитных полей должно быть учтено при организации рабочего места по управлению макетом водозаборной станции.

Работа проводится на современном ПЭВМ, у которого значения электромагнитного излучения малы и отвечают требованиям, представленным в таблице 24 [13].

Таблица 24 – ПДУ электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК и другими средствами ИКТ

Наименование параметров		ПДУ
Напряженность электрического поля	от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	от 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Учитывая норму предельно допустимой напряженности ЭМП экрана монитора, глазам пользователя макета следует находиться на расстоянии от 0,6 до 0,7 м до экрана монитора.

### 3.2.4 Электробезопасность

Главным фактором поражения током при работе с макетом водозаборной станции является то, что оператор может на прямую контактировать с электрическими приборами.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме, не должны превышать значения, представленные в таблице 25 [14].

Таблица 25 – Предельные значения напряжения и токов, протекающих через тело человека

Род тока	U, В	I, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1

Поэтому согласно ГОСТ 12.1.019-79 для обеспечения защиты безопасности оператора макета водозаборной станции от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима применить следующие способы и средства: безопасное расположение токоведущих частей, защитное отключение, изоляцию токоведущих частей. Также в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90 обучение и инструктаж по безопасности труда носит непрерывный многоуровневый характер [15, 16]

### **3.2.5 Отсутствие или недостаток естественного света**

Воздействие естественного света на человеческий организм представляет собой высокую гигиеническую и биологическую ценность, поскольку естественный свет благодаря своему спектральному составу положительно влияет на психику человека, сохраняя ощущение его связи с окружающим миром. Отсутствие естественного освещения, может привести к переутомлению, снижению работоспособности, усталости глаз и головной боли. Процессе управления макетом водозаборной станции с помощью ПЭВМ относится к зрительной работе очень высокой точности, а наименьший размер объекта ограничивается 0,15-0,3мм (II разряд зрительной работы). Требования к

освещению промышленных предприятий для проведения данного рода работ представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Требования к освещению рабочей зоны для работ очень высокой точности

Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Фон	Освещенность, лк (комбинированное освещение)	КЕО е, %	
				Верхнее или комбинированное освещение	Боковое освещение
А	Малый	Темный	400	4,2	1,5
Б	Малый Средний	Средний Темный	300		
В	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	200		
Г	Средний Большой	Светлый Средний	200		

Таким образом для соблюдения требуемых показателей согласно СП 52.13330.2016 экран ПЭВМ должен хорошо контрастировать с фоном и освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения должна быть не менее 300 лк.

### 3.3 Экологическая безопасность

Во время разработки макета водозаборной станции основным видом мусора являются отходы печати, коробки от оборудования и использованная бумага, все это может быть отправлено на переработку, либо утилизировано согласно санитарным правилам и нормам СанПиН 42-128-4690-88.

В процессе сборки макета образуются отходы от полипропиленовых труб, которые должны быть отправлены на переработку и затем на повторное использование в производстве [17].

При работе за макетом воздействие на атмосферу незначительное и не наносит существенного вреда окружающему миру.

### **3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для данного макета водозаборной станции характерной ЧС является пожар. Он может возникнуть в процессе сборки макета, так как на этом этапе используются нагревательные элементы и воспламеняющиеся материалы.

При искрении или загорании электропроводки или электрооборудования необходимо обесточить их, затем тушить сухим песком, углекислотным или порошковым огнетушителем.

Для снижения вероятности пожара помещение, в котором эксплуатируется макет должно быть оборудовано системой обнаружения и оповещения о пожаре, в соответствии с требованиями СП 5.13130-09. В случае возникновения пожара на пожарный пост (в диспетчерскую) должен поступать сигнал.

### **3.5 Выводы по разделу социальная ответственность**

При выполнении раздела «Социальная ответственность» рассмотрены организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности, регулирующие и регламентирующие производственную деятельность инженера.

Выполнен анализ факторов на предмет выявления основных техносферных опасностей и вредностей, предложены методы минимизации их воздействий и защиты от них.

Так же рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях при использовании разрабатываемого стенда водозаборной станции. Было выявлено, что для данного стенда характерно возникновение пожара. Благодаря правилам, описанным в данном разделе возможно избежать чрезвычайных ситуаций, а также обеспечить здоровье персонала и сохранность окружающей среды.



## **Заключение**

Результатом бакалаврской выпускной квалификационной работы стал разработанный стенд физического подобия водозаборной станции. При выполнении работы была разработана структурная схема стенда, был осуществлен выбор оборудования, разработаны алгоритмы по ручному и автоматическому управлению, а также было написано программное обеспечение для управления стендом на языке FBD в среде разработки Unity Pro XL.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была рассмотрена конкурентноспособность разработанного стенда по сравнению с аналогами. Для этого исследования был применен инструмент SWOT – анализ и использована оценка ресурсоэффективности.

В разделе «Социальной ответственности» был проведен анализ факторов влияющих на оператора при работе за стендом физического подобия. А также поставлены требования к рабочему месту оператора, которые снизят воздействия вредоносных факторов на человека.

## **Conclusion**

The result of the bachelor's final qualification work was a developed stand of physical similarity of a water intake station. In the course of the work, the structure diagram of the stand was developed, the choice of equipment was made, algorithms for manual and automatic control were developed, and software for managing the stand was written in the FBD language in the Unity Pro XL development environment.

In the section "Financial management, resource efficiency and resource saving", the competitiveness of the developed stand in comparison with its analogues was considered. The SWOT analysis tool was used for the research and resource efficiency assessment was used.

In the section "Social responsibility", the analysis of factors affecting the operator when working at the stand of physical similarity was carried out. It also sets requirements for the operator's workplace that will reduce the impact of harmful factors on a person.

## Список литература

1. Григорьев В.А. Стенда, стендовое оборудование, датчики и средства измерений при испытаниях ВРД : учеб. Пособие / В.А. Григорьев, И.И. Морозов, В.Т. Анискин . – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 64 с. : ил.
2. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. – 230 с.
3. ГОСТ Р 53647.5-2012 Менеджмент непрерывности бизнеса. Готовность к опасным ситуациям и инцидентам. - М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.
4. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 27.12.2019) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы".
5. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.;
6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020).
8. СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту.
9. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
10. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
12. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: ФГУП ЦПП, 2004.
13. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

14. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений  
прикосновения и токов.

15. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

16. ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда.  
Общие положения.

17. СанПиН 42-128-4690-88 Санитарные правила содержания территорий  
населенных мест.

18. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки  
пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила  
проектирования.